

Perubahan Populasi Protozoa dan Alga Dominan pada Air Genangan Tanah Padi Sawah yang Diberi Bokashi Berkelanjutan

Ainin Niswati, Dermiyati, dan Mas Achmad Syamsul Arif¹

Makalah diterima 26 Juni 2008 /disetujui 12 September 2008

ABSTRACT

Changes of the Dominant Population of Protozoa and Algae Inhabited the Floodwater of Paddy Fields Subjected by Continued Bokashi Applications (A. Niswati, Dermiyati, and M.A.S. Arif): Protozoa and alga play important roles in biogeochemical nutrient cycles in freshwater environment, especially in the paddy fields. The changes from the conventional technologies to organic technologies will change the communities structures of organisms lived in the paddy fields environment. The fields experiment was conducted to study the population dynamic of protozoa and algae dominant inhabited in the floodwater of the paddy fields subjected by continues 'bokashi' application. The results showed that protozoa and algae inhabited in the paddy fields in present study were dominated by *Euglena*, *Pleodorina*, *Volvox*, and *Diatom*. The continued application of bokashi for 4 years significantly increased the total population of protozoa and algae, however, the significantly effect was obtained in the population of *Volvox* only. The population of protozoa and algae were affected by the time of flooding of paddy fields where it increases exponentially at the 20 and 30 days after flooding and stable after that, except for *Euglena* where it increases slightly by flooding time.

Keywords: Bokashi, days after flooding, paddy fields. population of protozoa and algae

PENDAHULUAN

Lahan padi sawah merupakan tanah tergenang buatan manusia yang bersifat unik dan berbeda dengan lahan basah alami. Penggenangan hanya dilakukan sewaktu-waktu sesuai dengan keperluan dengan tinggi genangan sekitar 5-10 cm. Kedangkalan genangan air tersebut menyebabkan keadaan air sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, angin, suhu udara, dan curah hujan (Bambaradeniya dan Amarasinghe, 2004) yang akan mempengaruhi juga organisme yang hidup di dalamnya. Di Indonesia, agroekosistem padi sawah dikelola dengan berbagai cara, antara lain dengan cara konvensional dan organik. Pengelolaan secara konvensional dilakukan dengan mengaplikasikan berbagai macam bahan kimia pertanian seperti pupuk dan pestisida kimia. Akhir-akhir ini pengelolaan secara organik atau semi organik terus disosialisasikan ke masyarakat tani. Beberapa kelompok tani di Indonesia telah mulai melaksanakannya. Perubahan dari pertanian konvensional ke organik tersebut akan mempengaruhi

lingkungan biotik pertanian padi sawah. Biodiversitas ekosistem padi sawah tersebut berubah karena masukan yang diberikan berbeda dengan sebelumnya. Tetapi sejauh mana perubahan tersebut perlu diklarifikasi lebih lanjut.

Seperti dilaporkan oleh banyak peneliti bahwa pada air genangan tanah padi sawah dihuni oleh berbagai populasi organisme yang saling berinteraksi satu sama lain membentuk suatu rantai dan jaringan-jaringan makanan yang khas (Kuwabara, 1999; Roger *et al.*, 1993; Ali, 1990). Pengaruh langsung dan tidak langsung dari salah satu organisme air dapat mempengaruhi struktur komunitas organisme dalam lingkungan tanah sawah yang antara lain terdiri dari protozoa, alga, larva serangga, moluska, oligocaheta, nematoda, dan mikrokrustacea (Mogi, 1993; Adrian dan Schneider-Olt, 1999). Selain berinteraksi antara sesama organisme, populasi mereka juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti penggunaan pupuk kimia dan organik, pestisida, penggenangan, pengelolaan air, varietas tanaman, lama penggenangan dan sebagainya (Simpson *et al.*, 1994; Ferrari *et al.*, 1991).

¹ Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145. e-mail: niswati@unila.ac.id

Di antara berbagai organisme yang mendiami air genangan tanah sawah adalah protozoa dan alga. Mereka berperan penting dalam siklus unsur hara di lingkungan air tawar, khususnya pada pertanaman padi sawah. Beberapa alga pada genangan tanah sawah dilaporkan dapat memfiksasi nitrogen (Grant *et al.*, 1983^a) yang kuantitasnya sangat dipengaruhi oleh aktivitas organisme lain yang mendiami air genangan tanah sawah tersebut (Kivi *et al.*, 1996; Grant *et al.*, 1983^b). Selain itu secara langsung protozoa dan alga juga sebagai penyumbang biomassa tanah pada pertanaman padi sawah. Peranan penting lain dari protozoa and algae adalah sebagai bioindikator perubahan lingkungan (Dawah, 2006). Oleh karena itu perubahan dan dinamika populasi alga dan protozoa dominan yang menghuni padi sawah kemungkinan akan terpengaruh oleh aplikasi bokashi yang diberikan terus menerus.

Alga hijau biru mempunyai arti penting dalam mempertahankan kesuburan tanah sawah karena fungsinya dalam fiksasi nitrogen (Banerjee, 1991). Aplikasi bahan organik ke tanah akan merubah lingkungan tanah sedemikian sehingga sumber bahan organik bagi bakteri, fungi, dan organisme lainnya akan berubah. Keberadaan alga di dalam tanah akan menyetabilkan dan memperbaiki sifat-sifat fisika tanah dengan mengagregasi partikel-partikel dan menambahkan bahan organik. Beberapa alga beradaptasi pada tanah lembab, bahkan permukaan batuan, alga tersebut mendegradasi mineral yang belum terhancurkan sehingga menjadikan produk-produk dekomposisinya tersedia untuk membangun dan memperkaya tanah (Pelczar dan Chan, 1986).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan populasi protozoa dan alga dominan yang mendiami air genangan tanah sawah akibat pemberian pupuk bokashi berkelanjutan selama pertanaman padi sawah.

BAHAN DAN METODE

Desain Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan di lahan padi sawah di Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Tanggamus yang dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2006. Pengamatan jumlah dan keanekaragaman protozoa dan alga dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dilakukan dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 ulangan. Perlakuan

yang digunakan yaitu tanpa aplikasi bokashi kontrol (B_0), aplikasi bokashi selama 2 tahun (B_1), dan aplikasi bokashi selama 4 tahun (B_2). Data dianalisis dengan sidik ragam dan perbedaan nilai tengah diuji dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Keanekaragaman protozoa dan alga dinyatakan dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Krebs, 1985).

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan contoh air genangan dilakukan pada lahan pertanaman padi sawah yang menerapkan sistem pertanian organik selama 5 tahun dimulai dari tahun 2000. Petani yang termasuk dalam kelompok pertanian organik, memberikan input kompos bokashi sebanyak 4 ton/ha sebagai pengganti pupuk anorganik serta tanpa menggunakan pestisida sintesis. Bokashi dibuat dengan memfermentasikan jerami padi, kotoran ternak dan mikroorganisme lokal yang berasal dari fermentasi buah-buahan matang yang dihancurkan, air kelapa, dan gula merah.

Titik contoh air ditentukan secara acak pada lahan sawah dengan masing-masing perlakuan pada setiap ulangan sehingga didapat 12 titik pengamatan. Pada masing-masing titik diambil contoh air dengan menggunakan gayung sebanyak 250 ml dan dimasukkan ke dalam botol plastik. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 hari selama pertanaman padi sawah. Sebelum pengambilan sampel terlebih dahulu dilakukan pengukuran ketinggian muka air genangan sawah dengan menggunakan penggaris panjang. Sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam termos es yang telah diberi es batu hingga pengamatan dilakukan. Penyimpanan dalam termos es bertujuan untuk menghambat berkembangbiaknya protozoa dan alga serta menghambat aktivitas protozoa dan alga selama dalam perjalanan dari lapangan ke laboratorium lebih kurang 1,5 jam.

Pengamatan

Pengamatan protozoa dan alga pada setiap sampel dilakukan dengan mengambil sebanyak 10-50 ml sampel air dituangkan ke dalam cawan petri lalu diamati dengan menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 20 – 40 x, kemudian digambar, difoto dan jumlah protozoa dan alga dihitung. Hal ini dilakukan hingga seluruh sampel air habis. Protozoa dan alga hasil tangkapan diidentifikasi jenisnya. Protozoa yang berhasil dilihat dihitung jumlahnya kemudian diidentifikasi secara manual,

dengan melihat flagel serta bentuk tubuh protozoa dan alga. Jumlah protozoa dan alga yang didapat dikonversi ke dalam jumlah protozoa dan alga genangan air per dm^3 . Variabel pendukung yang diamati adalah pH air, C-organik tanah, dan ketinggian genangan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

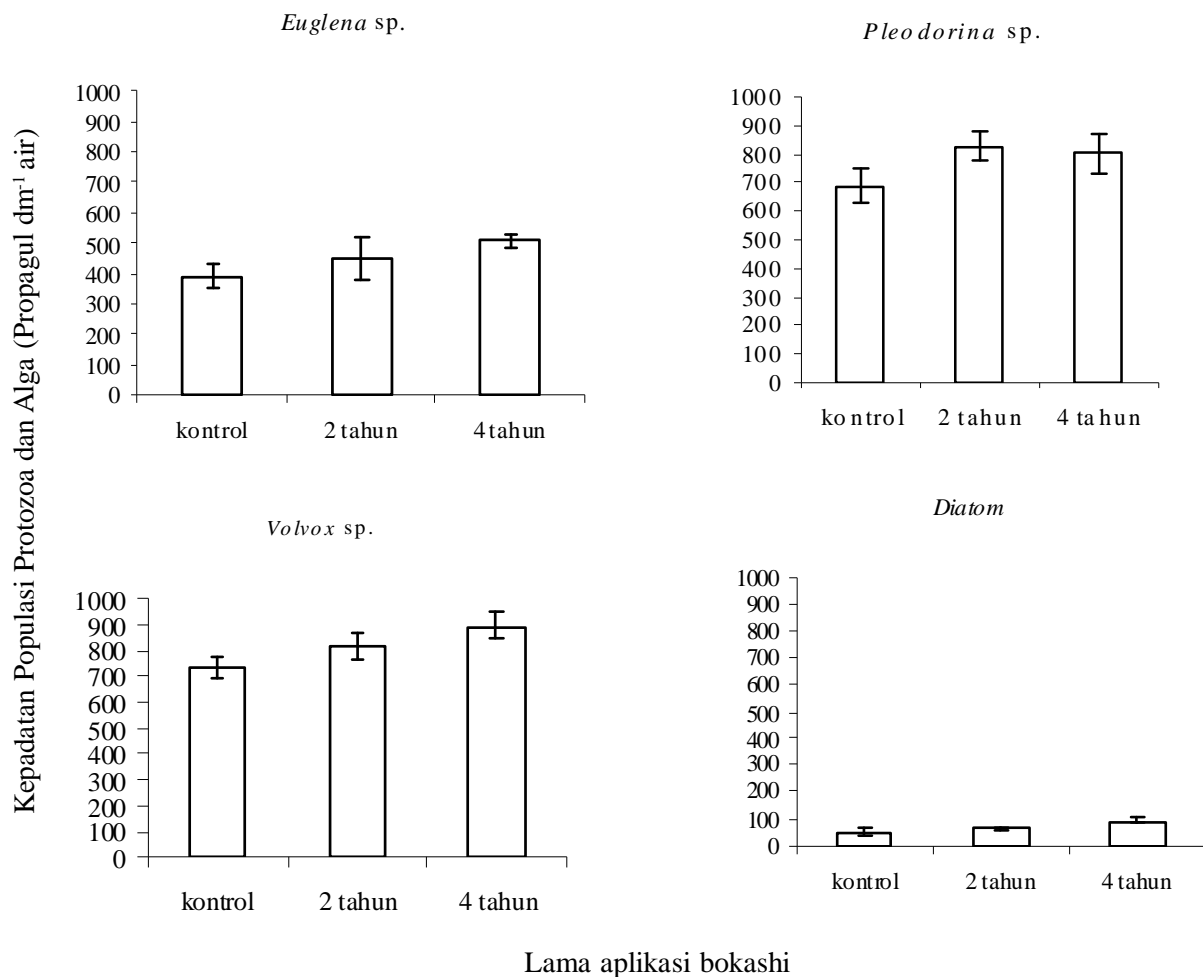
Kepadatan Populasi Protozoa dan Alga

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat 2 genus protozoa dan 2 genus alga dominan yang dapat diamati pada lahan sawah yang diberi bokashi berkelanjutan (Gambar 1) yang lebih tinggi jumlahnya dibandingkan dengan tanah sawah yang tidak diberi bokashi. Dua genus protozoa tersebut yaitu *Euglena* sp., *Pleodorina* sp., dan 2 genus alga adalah *Volvox* sp., dan *Diatom* (Gambar 1).

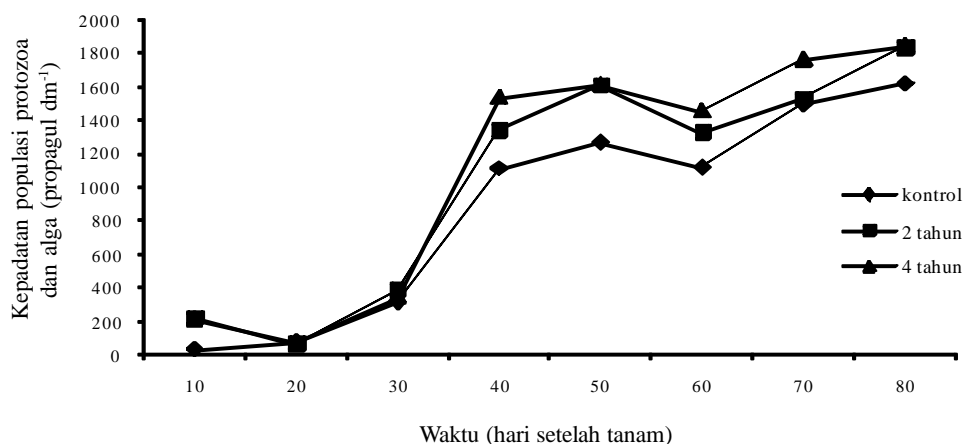
Fluktuasi protozoa dan alga

Fluktuasi jumlah protozoa dan alga total pada tanah yang tidak diberi bokashi pada waktu 10 hst sampai 80 hst lebih rendah dibandingkan dengan jumlah protozoa pada tanah yang diberi bokashi selama 2 tahun dan 4 tahun berturut-turut.

Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5 % menunjukkan bahwa total protozoa dan alga pada air genangan padi sawah tertinggi diperoleh pada perlakuan aplikasi bokashi berkelanjutan selama 4 tahun (Tabel 1). Populasi protozoa dan alga mulai meningkat tajam sejak 30 hst dan cenderung stabil jumlahnya sampai akhir masa panen. Hal ini disebabkan karena penambahan kompos (bokashi) berkelanjutan ke dalam tanah, akan meningkatkan populasi bakteri dan fungi dalam tanah (Labidi *et al.*, 2007) yang menjadi sumber makanan bagi protozoa.



Gambar 1. Kepadatan Populasi protozoa dan alga dominan yang terdapat di air genangan padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan. Bar menunjukkan standar error ($P = 0,95 \%$).



Gambar 2. Fluktuasi populasi protozoa dan alga dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi yang diberi bokashi berkelanjutan.

Tabel 1. Pengaruh pemberian bokashi berkelanjutan terhadap kepadatan populasi protozoa dan alga air genangan padi sawah.

Lama aplikasi bokashi	Kepadatan populasi protozoa dan alga (propagul dm ⁻³)
Kontrol	7.406 ± 40,92 a
2 tahun	8.600 ± 76,35 b
4 tahun	9.044 ± 27,78 c
BNJ 5% = 90	

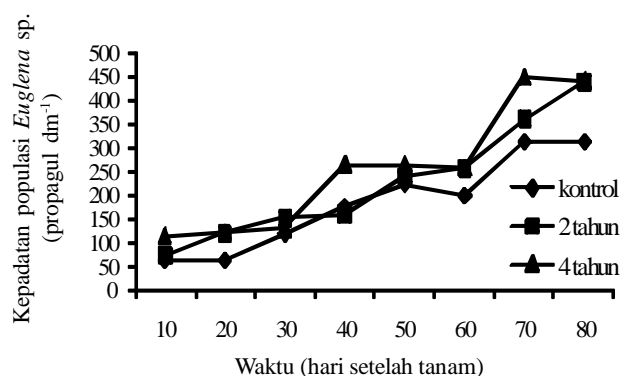
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%.

Di samping itu pemberian kompos ke dalam tanah akan menambah biomassa C, N, P dan S (Perucci, 1990) yang diperlukan oleh protozoa dan alga. Penambahan bokashi akan digunakan protozoa dan alga sebagai sumber makanan selain bakteri dan fungi. Semakin banyak bokashi yang diberikan ke dalam tanah maka semakin banyak pula aktivitas biota tanah. Dengan demikian semakin banyak pula protozoa dan alga yang akan hidup. Hal ini diduga disebabkan oleh mulai termineralisasinya nitrogen dan hara lain sehingga dapat digunakan oleh mereka. Selain sifat kimia tanah yang diperbaiki (Zhang *et al.*, 2006) oleh pemberian kompos ke tanah, sifat fisik tanah juga menjadi lebih baik. Penurunan jumlah populasi protozoa dan alga terjadi pada 30 dan 60 hari setelah tanam, disebabkan dilakukannya manajemen pengelolaan padi sawah organik oleh para petani yaitu dengan melakukan penyiangan gulma, pergiliran air irigasi, dan pengeringan air genangan padi sawah.

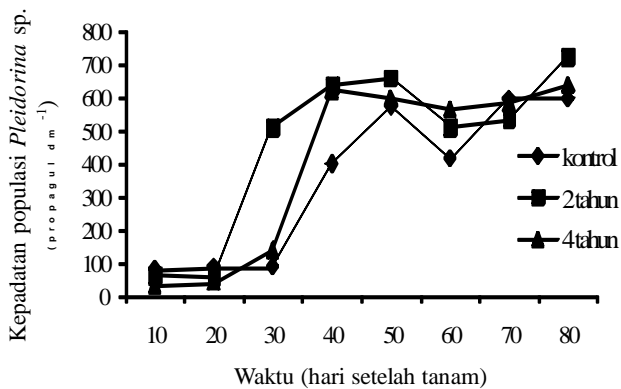
Perubahan Kepadatan Populasi Masing-masing Protozoa

Populasi *Euglena* sp. Secara deskriptif, jumlah *Euglena* sp. di genangan air padi sawah pada perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang diberi bokashi berkelanjutan (Gambar 3) seiring dengan pertumbuhan padi jumlah *Euglena* sp. yang diberi pupuk bokashi berkelanjutan meningkat sampai 80 hst. Namun secara statistika lama aplikasi bokashi tidak mempengaruhi populasi *Euglena* sp.

Populasi *Pleodorina* sp. Secara deskriptif, jumlah populasi *Pleodorina* sp. di air genangan padi sawah pada kontrol atau pertanaman padi sawah secara konvensional memiliki jumlah lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang diberi bokashi



Gambar 3. Fluktuasi populasi *Euglena* sp. dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan.



Gambar 4. Fluktuasi populasi *Pleidiorina* sp. dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan.

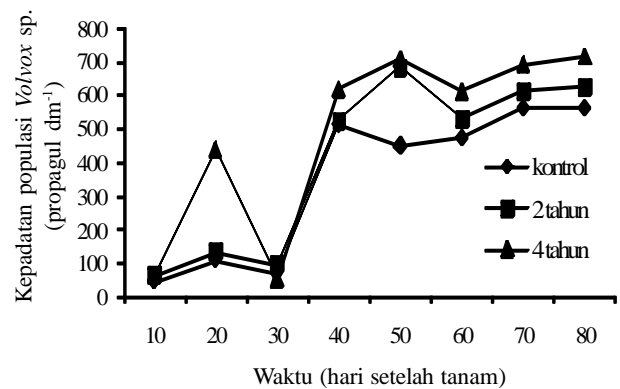
berkelanjutan (Gambar 4) selain itu seiring dengan waktu pertumbuhan tanaman padi jumlah *Pleodorina* sp. meningkat tajam sejak 20 hst dan kemudian stabil sejak 40 hst. Namun secara statistika lama aplikasi bokashi tidak mempengaruhi populasi *Pleodorina* sp. Pada penelitian ini diperoleh bahwa protozoa dominan yang mendiami air genangan tanah sawah adalah dua protozoa seperti disebutkan di atas. Sampai saat ini alasan mengapa didominasi oleh kedua organisme tersebut belum dapat dijelaskan pada studi saat ini.

Perubahan Kepadatan Populasi Masing-masing Alga

Populasi *Volvox* sp. Secara deskriptif, jumlah populasi *Volvox* sp. yang menghuni genangan air padi sawah pada perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang diberi bokashi berkelanjutan (Gambar 5). Populasi *volvox* sp. meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman padi kecuali pada 30 hst, yang disebabkan dilakukannya manajemen pengelolaan padi sawah organik oleh para petani yaitu dengan melakukan penyiangan gulma, dan pergiliran air irigasi.

Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5 % menunjukkan bahwa total *Volvox* sp. air genangan padi sawah tertinggi diperoleh pada perlakuan aplikasi bokashi berkelanjutan selama 4 tahun (Tabel 2).

Populasi *Diatom*. Secara deskriptif, kepadatan populasi *Diatom* di air genangan padi sawah pada perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan dengan



Gambar 5. Fluktuasi populasi *Volvox* sp. dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan.

Tabel 2. Pengaruh pemberian bokashi berkelanjutan terhadap kepadatan populasi *Volvox* sp. pada air genangan padi sawah.

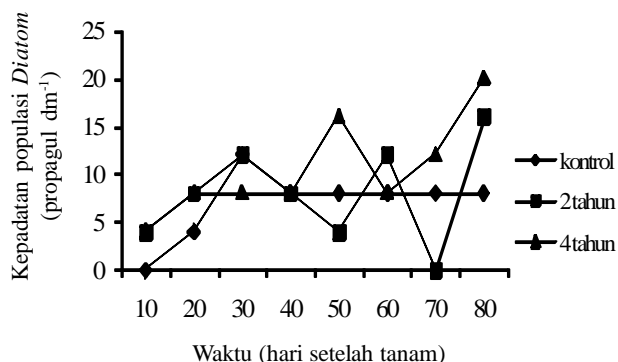
Lama aplikasi bokashi	Kepadatan populasi <i>Volvox</i> sp. (propagul dm ⁻³)
Kontrol	734 ± 43,02a
2 tahun	814 ± 55,95b
4 tahun	896 ± 50,17c
BNJ 5% = 80	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%.

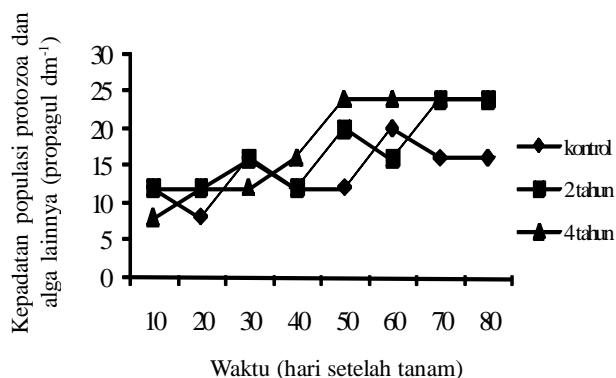
perlakuan yang diberi bokashi berkelanjutan (Gambar 6). Populasi *Diatom* menurun pada perlakuan aplikasi bokashi selama 2 tahun pada 70 hst yang disebabkan dilakukannya pengeringan air genangan padi sawah. Populasi *Diatom* ternyata juga banyak ditemui pada sawah-sawah di Australia (Grant *et al.*, 2006). Peningkatan jumlah alga pada padi sawah kemungkinan akan mempengaruhi ketersediaan nitrogen bagi tanaman padi, namun hal ini perlu studi lebih lanjut. Roger *et al.* (1987) melaporkan bahwa alga hijau biru sangat berpotensi untuk dijadikan inokulum penambatan nitrogen secara biologi pada pertanaman padi sawah.

Kepadatan Populasi Protozoa dan Alga lainnya

Secara deskriptif, protozoa dan alga lainnya (antara lain: *Chloccoccum*, *Archipora*, *Bdelloida*, *Spirogyra*, *Ploimida*) di air genangan padi sawah pada pertanaman konvensional (kontrol) memiliki jumlah



Gambar 6. Fluktuasi populasi *Diatom* dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan.



Gambar 7. Fluktuasi populasi protozoa dan alga lainnya dalam air genangan padi sawah selama pertanaman padi sawah yang diberi bokashi berkelanjutan.

populasi yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan bokashi berkelanjutan (Gambar 7). Populasi protozoa dan alga lainnya meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman padi meskipun kepadatan populasinya lebih rendah dibandingkan dengan protozoa dan alga dominan.

Indeks Keanekaragaman Protozoa dan Alga

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian bokashi berkelanjutan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap indeks keanekaragaman populasi protozoa dan alga air genangan padi sawah. Hasil perhitungan indeks keanekaragaman protozoa dan alga air genangan padi sawah, memiliki nilai rata-rata indeks keanekaragaman sebesar 3,93 untuk lahan kontrol, 3,95 untuk lahan yang diaplikasi bokashi

selama 2 tahun, dan 3,89 untuk lahan yang diaplikasi bokashi selama 4 tahun. Hal ini diduga sebabkan aplikasi bokashi mempengaruhi keseluruhan organisme yang mendiami air genangan tanah sawah sehingga rantai dan jaring-jaring makanan belum terganggu. Protozoa dan algae pada ekosistem air dimangsa oleh makrozooplankton seperti Cladocera, dan Copepoda (Yoshida *et al.*, 2001).

KESIMPULAN

Protozoa dan alga yang mendominasi pada air genangan tanah sawah pada penelitian ini adalah dari genus *Euglena*, *Pleodorina*, *Volvox*, dan *Diatom*. Pemberian bokashi terus menerus selama 4 tahun meningkatkan secara signifikan jumlah populasi protozoa dan algae secara keseluruhan, tetapi hanya alga genus *Volvox* yang jumlahnya secara signifikan dipengaruhi oleh pemberian bokashi terus menerus.

Populasi protozoa dan alga dipengaruhi oleh waktu penggenangan tanah sawah, dimana populasinya cenderung meningkat sejak 20 sampai 30 hari setelah penggenangan dan kemudian stabil sampai akhir penggenangan, kecuali protozoa genus *Euglena* yang populasinya terus meningkat sampai akhir penggenangan.

Indeks keanekaragaman spesies protozoa dan algae tidak dipengaruhi oleh aplikasi bokashi secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Bapak Widodo, Kepala Kelompok Tani Organik Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Tanggamus yang telah menyediakan lahan sawahnya untuk penelitian ini dan kepada Saudara Akbar Hariyadi, S.P. yang telah membantu pengambilan sampel di lapangan dan enumerasi di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, R and B. Schneider-Olt. 1999. Top-down effects of crustacean zooplankton on pelagic microorganisms in a mesotrophic lake. *J. Plankton Res.* 21: 2175-2190.
- Ali, A.B. 1990. Seasonal dynamics of microcrustacean and rotifer communities in Malaysian rice fields used for rice-fish farming. *Hydrobiologia* 206: 139-148.
- Bambaradeniya, C.N.B and P. Amarasinghe. 2004. Biodiversity Associated with the Rice Field Agro-Ecosystem in Asian Countries: A Brief Review.

- Working Paper 63. International Water Management Institute, Srilanka, 24 pp.
- Banerjee, M. 1991. Blue green algal ecology of paddy fields. *Bionatures* 11: 45-49
- Dawah, A.M.A. 2006. Influence of saturn herbicide on a natural phytoplankton community of rice fields. *Egypt J. Agric. Res.*, 84: 587-594.
- Ferrari, I., A. Bachiorri, F.G. Margaritora, and V. Rossi. 1991. Succession of cladocerans in a northern Italian ricefield. *Hydrobiologia* 225: 309-318.
- Grant, A.J., M. Pavlova, L. Wilkinson-White, A. Haythornthwaite, I. Grant, D. Ko, B. Sutton, and R. Hinde. 2006. Ecology and biology of nuisance algae in rice fields. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. University of Sydney, NSW: 38 p.
- Grant, I.F., A.C. Tirol, T. Aziz, and I. Watanabe. 1983^a. Regulation of invertebrate grazers as a means to enhance biomass and nitrogen fixation of Chyanophyceae in wetland rice field. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 669-675.
- Grant, I.F., E.A. Egan, and M. Alexander. 1983^b. Measurement of rates of grazing of the ostracod *Cyprinotus carolinensis* on blue green algae. *Hydrobiologia* 106: 199-208.
- Kivi, K., H. Kuosa, and S. Tanskanen. 1996. An experimental study on the role of crustacean and microzooplankton grazers in the planktonic food web. *Marine Ecol. Prog. Ser.* 136: 59-68.
- Krebs, J.K. 1985. Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Third Edition Harper & Row, Publisher. New York. Pp. 521-522.
- Kuwabara, R. 1999. Dynamic of water quality and planktonic community in a paddy of northeastern Hokkaido along with the growth of rice plant. *Proc. of Int. Seminar on Development of Agribusiness and its Impact on Agricultural Production in Southeast Asia*. 14-19 November 1998, Tokyo, p. 434-442.
- Labidi, S., H. Nasr, M. Zouaghi, and H. Wallander. 2007. Effects of compost addition on extra-radical growth of arbuscular mycorrhizal fungi in *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* savanna in a pre-Saharan area. *Appl. Soil Ecol.* 35 184-192.
- Mogi, M. 1993. Effect of intermittent irrigation on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and larvivorous predators in rice fields. *J. Med. Entomol.* 30: 309-319.
- Pelczar Jr., M.J. dan E.C.S. Chan. 1986. Dasar-dasar mikrobiologi. Penerjemah: R.S. Hadioetomo, T. Imas, S.S. Tjitrosomo, dan S.L. Angka. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 443 hlm.
- Perucci, P., 1990. Effect of the addition of municipal soil-waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biol. Fertil. Soils* 10: 221-226.
- Roger, P.A., S. Santiago-Ardales, and I. Watanabe. 1987. The abundance of heterocystous blue-green algae in rice soils and inocula used for application in rice fields. *Biol. Fertil. Soils* 5: 96-105.
- Roger, P.A., W.J. Zimmerman and T.A. Lumpkin. 1993. Microbiological management of wetland rice fields. In F.B. Metting Jr. ed. *Soil Microbial Ecology, Applications in Agricultural and Environmental Management*. pp. 417-455 Merrell Dekker, Inc.
- Simpson, I.C., P.A. Roger, R. Oficial, and I.F. Grant. 1994. Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management of floodwater ecology in a wetland rice field II. Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fertil. Soils.* 17:138-146.
- Yoshida, T., T.B Gurung, M. Kagami and J. Urabe. 2001. Contrasting effects of a cladoceran (*Daphnia galeata*) and a calanoid copepod (*Eodiaptomus japonicus*) on algal and microbial plankton in a Japanese lake, Lake Biwa. *Oecologia* 129: 602-610.
- Zhang, M., D. Heaney, B. Henriquez, E. Solberg, and E. Bittner. 2006. A four year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Sci. Util.* 14: 68-80.